

**PENGOLAHAN AIR KOLAM RENANG MENGGUNAKAN METODE  
ELEKTROKOAGULASI DENGAN ELEKTRODA  
ALUMINIUM - GRAFIT**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian  
Persyaratan guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains**



**Oleh :  
Risanto Nugroho  
NIM 12307144007**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2016**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Pengolahan Air Kolam Renang Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Elektroda Alumunium - Grafit” yang disusun oleh Risanto Nugroho, NIM 12307144007 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Disetujui pada tanggal

Juni 2016

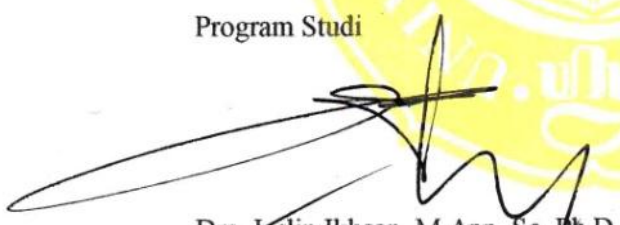
Yogyakarta, Juni 2016

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir Skripsi

Program Studi

Dosen Pembimbing



Drs. Jaslin Ikhsan, M.App. Sc., Ph.D

NIP. 19680629 199303 1 001



Dr. Suyanta

NIP. 19660508 199203 1 002

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Risanto Nugroho

NIM : 12307144007

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Penelitian : Pengolahan Air Kolam Renang Menggunakan Metode  
Elektrokoagulasi dengan Elektroda Alumunium - Grafit

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya yang sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi atau data yang telah dipublikasikan atau ditulis orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan studi pada universitas atau institut lain, kecuali pada bagian- bagian yang telah dinyatakan dalam teks.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, ... Juli 2016

Yang menyatakan,



Risanto Nugroho

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengolahan Air Kolam Renang Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Elektroda Alumunium - Grafit” yang disusun oleh Risanto Nugroho, NIM 12307144007 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 14 Juli 2016 dan dinyatakan lulus.

### DEWAN PENGUJI

Nama Lengkap	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Suyanta			22/7/2016
NIP. 196605081992031002	Ketua Penguji		
Siti Marwati, M.Si			22/7/2016
NIP. 197701032006042001	Sekretaris Penguji		
I Made Sukarna, M.Si			22/7/2016
NIP. 195309011986011001	Penguji Utama		
Erfan Priyambodo, M.Si			24/7/2016
NIP. 198209252005011002	Penguji Pendamping		

Yogyakarta, 25 Juli 2016

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dekan,



Dr. Hartono, M.Si

NIP. 19620329 198702 1 002

## **MOTTO**

Setiap kali kamu merasa beruntung, itu berarti satu lagi doa ibumu yang  
dikabulkan Tuhan.

Janganlah takut untuk melangkah, karena jarak 1000 mil dimulai dengan langkah  
pertama.

Ku olah kata, kubaca makna, kuikat dalam alinea, kubingkai dalam bab sejumlah  
lima, jadilah mahakarya, gelar sarjana kuterima, orangtua, calon istri dan calon  
mertua pun bahagia.

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Kupersembahkan skripsi ini kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan limpahan berkah dan nikmat yang luar biasa.
2. Kedua orang tua Bapak Didik Prasetya dan Ibu Heni Suharti yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan dan doa yang tiada henti-hentinya.
3. Saudaraku, Risanto Wibowo yang selalu memberikan semangat dan masukan.
4. Cerry Regiani Catri dan Siti Kholifah rekan satu pembimbing yang selalu memberi pendapat dan semangat.
5. Teman-teman Kimia Swadana 2012 dan semua orang yang telah mendukung serta mendoakanku.
6. Almamaterku tercinta, Prodi Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta.

**PENGOLAHAN AIR KOLAM RENANG MENGGUNAKAN METODE  
ELEKTROKOAGULASI DENGAN ELEKTRODA  
ALUMINIUM - GRAFIT**

**Oleh:  
Risanto Nugroho  
NIM: 12307144007**

**Pembimbing: Dr. Suyanta**

---

**ABSTRAK**

---

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium - grafit dan kualitas air kolam renang, meliputi nilai pH dan TDS yang berhubungan dengan efektivitas elektrokoagulasi untuk pemisahan polutan pada air kolam renang.

Subjek penelitian ini adalah aluminium dan grafit. Objek penelitian ini adalah penurunan kadar polutan dalam air kolam renang setelah dilakukan elektrokoagulasi. Uji optimasi tegangan listrik dilakukan pada variasi 1, 5 dan 10 volt. Uji kadar aluminium, pH dan TDS dilakukan pada tegangan listrik 10 volt dan variasi waktu 1, 2, 3, 4, 6, 8 dan 24 jam. Efektivitas elektrokoagulasi dilihat dari nilai pH dan TDS. Sampel dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA), pH meter dan TDS meter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum metode elektrokoagulasi ini pada tegangan listrik sebesar 10 volt dan waktu selama 24 jam. Penggunaan metode elektrokoagulasi sebagai metode pengolahan air tidak efektif, karena kandungan logam  $Al^{3+}$  dalam air kolam renang semakin bertambah dan melebihi syarat baku mutu air. Namun nilai pH air semakin mengarah ke netral dan TDS semakin turun.

**Kata kunci :** elektrokoagulasi, pH, TDS, aluminium, grafit.

# **SWIMMING POOL WATER TREATMENT USING ELECTROCOAGULATION METHOD WITH ALUMINIUM – GRAPHITE ELECTRODE**

**By:**

**Risanto Nugroho**

**NIM: 12307144007**

**Supervisor : Dr. Suyanta**

---

## **ABSTRACT**

---

This research aims to determine the optimum conditions electrocoagulation method with electrodes aluminium - graphite and swimming pool water quality, including pH and TDS associated with electrocoagulation effectiveness for the separate of pollutants in the water pool.

The subjects of this research were aluminium and graphite electrodes. The object of this research was the decreased levels of pollutants in swimming pool water after electrocoagulation process. Optimization of the electrical voltage was done on 1, 5 and 10 volts. Experiment of aluminium concentration, pH and TDS performed on 10 volt electrical voltage and a variations of 1, 2, 3, 4, 6, 8 and 24 hours. The effectiveness of the electrocoagulation based on the graph, the concentration of aluminium ions (floc formed), the increase of pH levels, and decreased of TDS. The samples were analyzed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), pH meter and TDS meters.

The research showed that the optimum of conditions electrocoagulation method were 10 volts and during 24 hours. The using of electrocoagulation as water treatment method is not effective, because the metal content of  $Al^{3+}$  in the swimming pool is increase and over the water quality standards. At the other side, water pH turns into neutral and TDS is getting down.

**Keywords:** electrocoagulation, pH, TDS, aluminium, graphite.



## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga atas kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Pengolahan Air Kolam Renang Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Elektroda Alumunium dan Grafit.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, motivasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ijin penelitian.
2. Bapak Jaslin Ikhsan, Ph. D selaku Ketua Jurusan Pendidikan Kimia dan Koordinator Program Studi Kimia serta Koordinator Tugas Akhir Skripsi Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ijin penelitian dan memberikan nasihat serta saran-saran.
3. Bapak Sunarto, M. Si selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah membimbing akademik selama 4 tahun.
4. Bapak Dr. Suyanta selaku pembimbing skripsi, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, pertanyaan, saran, dan masukannya.
5. Ibu Siti Marwati, M.Si selaku sekretaris penguji, yang telah memberikan pertanyaan, kritik, dan saran.
6. Bapak I Made Sukarna, M.Si dan Erfan Priyambodo, M.Si berturut-turut selaku penguji utama dan penguji pendamping yang telah memberikan pertanyaan, kritik, dan saran.

7. Seluruh Dosen, Staf, dan Laboran Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY yang telah banyak membantu selama perkuliahan dan penelitian.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari adanya keterbatasan kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman sehingga masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Yogyakarta, Juli 2016



Risanto Nugroho

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Batasan Masalah .....	5
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	6

F. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
A. Deskripsi Teori.....	7
1. Air .....	7
2. Air Kolam Renang .....	7
3. Pengolahan Air Kolam Renang .....	9
4. TDS ( <i>Total Dissolved Solid</i> ).....	9
5. Elektrolisis .....	11
6. Koagulasi .....	12
7. Elektrokoagulasi .....	13
8. Elektroda Alumunium dan Grafit Pada Elektrokoagulasi .....	17
9. AAS .....	18
10. pH Meter .....	24
11. TDS Meter .....	25
B. Penelitian Yang Relevan .....	25
C. Kerangka Berpikir .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
A. Subjek dan Objek Penelitian .....	28
B. Variabel Penelitian .....	28
C. Instrumen Penelitian .....	29

D.	Skema Rangkaian Alat.....	29
E.	Prosedur Penelitian .....	30
F.	Teknik Analisis Data.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>32</b>
A.	Hasil Penelitian .....	32
1.	Uji Optimasi Tegangan Listrik Elektrokoagulasi Awal .....	32
2.	Uji Kadar Alumunium dalam Air dari Elektroda .....	33
3.	Uji pH .....	34
4.	Uji TDS.....	35
B.	Pembahasan.....	36
1.	Uji Optimasi Tegangan Listrik Elektrokoagulasi Awal .....	37
2.	Uji Kadar Alumunium dalam Air dari Elektroda .....	38
3.	Uji pH .....	39
4.	Uji TDS.....	40
5.	Hubungan antara Uji Penurunan Alumunium dari Elektroda, pH dan TDS .....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>43</b>
A.	Kesimpulan .....	43
B.	Saran .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>44</b>

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>
----------------------	-----------

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Baku Mutu Air Kolam Renang.....	8
Tabel 2.	Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter.....	10
Tabel 3.	Ion-ion yang biasa ditemukan di perairan.....	10
Tabel 4.	Hasil Uji Optimasi Tegangan Listrik Elektrokoagulasi Awal.....	32
Tabel 5.	Hasil Uji Kadar Alumunium dalam Sampel Air Kolam Renang Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi.....	33
Tabel 6.	Hasil Uji Nilai pH dalam Sampel Air Kolam Renang Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi.....	34
Tabel 7.	Hasil Uji TDS dalam Sampel Air Kolam Renang Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi.....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Mekanisme dalam proses elektrokoagulasi .....	14
Gambar 2.	Grafik Hubungan antara Waktu Elektrokoagulasi dan Kadar Alumunium dari flok yang terbentuk .....	34
Gambar 3.	Grafik Hubungan antara Waktu dan Nilai pH.....	35
Gambar 4.	Grafik Hubungan antara Waktu dan Efisiensi Elektrokoagulasi terhadap penurunan TDS .....	36



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Renang merupakan salah satu cabang olahraga yang cukup populer di Indonesia. Pada kenyataannya rekreasi berenang ini diikuti oleh banyak orang mulai anak-anak, dewasa, bahkan orang tua laki-laki maupun perempuan. Sebagai tambahan, kolam renang dapat menjadi pusat fitness dan rehabilitasi (Sismadiyanto dan Ermawan Susanto, 2009: 2).

Air bersih merupakan syarat dari keberadaan kolam renang oleh karenanya air kolam renang tersebut harus memenuhi unsur-unsur yang disyaratkan berdasarkan kesehatan. Ada 3 unsur persyaratan dari air kolam renang, ketiga unsur tersebut adalah unsur fisika, unsur kimia dan unsur mikrobiologi (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1999: 2).

Salah satu langkah pengelolaan kolam renang yang dilakukan adalah pemantauan dan interpretasi data kualitas air, mencakup kualitas fisika, kimia, dan biologi. Namun, sebelum melangkah pada tahap pengelolaan, diperlukan pemahaman yang baik tentang *terminology*, karakteristik, dan interkoneksi parameter – parameter kualitas air (Effendi. 2003: 11-12).

Pada umumnya banyak kolam renang menggunakan bahan kimia seperti kaporit yang bertujuan untuk membunuh bakteri dan mikrobia. Tetapi para pengelola kolam renang, dalam menggunakan zat kimia tersebut tanpa mengetahui takaran yang pas sehingga membahayakan bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Penggunaan kaporit harus diperhatikan dengan baik dan harus sesuai

dengan batas aman yang ada. Penggunaan kaporit dalam konsentrasi yang kurang dapat menyebabkan kuman yang ada di kolam renang tidak terdesinfeksi dengan baik. Sedangkan penggunaan kaporit dengan konsentrasi yang berlebih dapat meninggalkan sisa klor yang menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan. Sebagai desinfektan, sisa klor dalam penyediaan air sengaja dipelihara, tetapi dalam konsentrasi yang berlebih klor ini dapat terikat pada senyawa organik dan membentuk halogen-hidrokarbon (Cl-HC) banyak diantaranya dikenal sebagai senyawa karsinogenik. Halogen adalah anggota golongan unsur non metalik yang sangat aktif, terdiri atas fluorin, bromin, iodin, klorin, atau astatin, yang mempunyai sifat kimia yang sama antara satu dan lainnya (Dian Wahyu Cita dan Retno Adriyani, 2013: 27). Tingkat pH rendah pada air kolam renang juga akan menyebabkan efek negatif yaitu logam seperti pagar dan aksesoris kolam renang lainnya menjadi mudah terkorosi dan meninggalkan noda di dinding kolam. Sedangkan efek pada manusia yaitu pembakaran mata atau hidung dan menyebabkan kulit gatal dan kering. Selain itu, kadar TDS pada air kolam renang juga perlu diperhatikan. TDS (*Total Dissolved Solids*) adalah suatu ukuran kandungan kombinasi dari semua zat-zat anorganik dan organik yang terdapat dalam suatu cairan, contohnya bisa berupa partikel yang terlarut yang tidak kasat oleh mata, bisa berupa partikel padatan (seperti kandungan logam, misal: besi, aluminium, tembaga, mangan dll), maupun partikel non padatan seperti mikroorganisme. Semakin tinggi kadar TDS, maka kemungkinan polutan-polutan yang terdapat di dalam air kolam renang juga semakin banyak.

Selain dari penambahan kaporit yang melebihi ambang batas, polutan yang terkandung dalam air kolam renang berasal dari orang-orang yang berenang di dalamnya, yaitu berasal dari keringat, ludah, urin, dll. Dikarenakan air kolam renang sangat jarang diganti, melainkan hanya ditambah air saja jika volume nya sudah mulai berkurang. Pengolahan pada air kolam renang yang umum untuk menjernihkan air adalah dengan cara menyaring air melalui saringan (filtrasi), membasmi lumut, disinfeksi air dengan cara memasukkan zat desifeksia. Namun pada pengolahan tersebut, biasanya masih ada polutan yang masih tersisa. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Apabila terdapat banyak zat kimia di dalam air kolam renang tersebut, biasanya setelah berenang mata akan terasa perih dan rambut terasa kaku.

Oleh karena itu masyarakat harus dilindungi agar tidak terkena bahaya dari air kolam renang dengan kandungan polutan yang melebihi ambang batas. Maka diperlukan pengolahan air yang baik dan aman. Telah dilakukan pengembangan metode elektrokimia untuk sensor dan pemisahan secara elektrokimia (Suyanta, 2014:7763 ). Salah satu pemisahan secara elektrokimia yang baik dan aman adalah dengan metode elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi memiliki beberapa keunggulan diantaranya yaitu merupakan metode yang sederhana, efisien, baik digunakan untuk menghilangkan senyawa organik, tanpa penambahan zat kimia sehingga mengurangi pembentukan residu (*sludge*), dan efektif untuk menghilangkan padatan tersuspensi (Elfridawati Siringo-ringo, Ali Kusrijadi dan Yayan Sunarya, 2013: 98).

Metode elektrokoagulasi pada prinsipnya berdasarkan pada proses sel elektrolisis. Sel elektrolisis merupakan suatu alat yang dapat mengubah arus DC (*Direct Current*) untuk menghasilkan reaksi katodik. Setiap sel elektrolisis mempunyai dua elektroda, katoda dan anoda. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi, yaitu: tegangan listrik, waktu operasi dan jarak elektroda. Jenis elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda aluminium yang berperan sebagai sumber ion  $Al^{3+}$  di anoda dan berfungsi sebagai koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi yang terjadi di dalam sel tersebut. Sedangkan di katoda terjadi reaksi katodik dengan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap (Farida Hanum dkk, 2015: 14). Dilakukan juga variasi tegangan listrik dan waktu pada proses elektrokoagulasi.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka terdapat beberapa permasalahan yang layak untuk dikaji dalam sebuah penelitian, masalah-masalah yang diungkapkan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Air kolam renang perlu diolah.
2. Jenis elektroda yang digunakan untuk proses elektrokoagulasi polutan dalam air kolam renang.
3. Metode yang digunakan untuk memisahkan polutan dari sampel.
4. Pengaruh variasi tegangan listrik terhadap pemisahan polutan.
5. Pengaruh variasi waktu proses elektrokoagulasi terhadap pemisahan polutan.

### **C. Batasan Masalah**

1. Sampel air kolam renang yang diambil dari kolam utama kolam renang FIK UNY.
2. Metode yang digunakan adalah elektrokoagulasi.
3. Elektroda yang digunakan adalah lempengan/plat alumunium dengan lebar 2 cm, panjang 8 cm dan tebal 1 mm sebagai anoda dan grafit dengan panjang 5,7 cm dan diameter 8 mm sebagai katoda.
4. Variasi tegangan listrik yang akan digunakan dalam proses elektrokoagulasi adalah 1, 5, dan 10 volt.
5. Variasi waktu yang akan digunakan dalam proses elektrokoagulasi adalah 1, 2, 3, 4, 6, 8, dan 24 jam.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi optimum yang meliputi nilai pH dan TDS pada metode elektrokoagulasi dengan elektroda alumunium dan grafit untuk pemisahan polutan dalam sampel air kolam renang?
2. Bagaimana kualitas air kolam renang yang meliputi nilai pH dan kadar TDS yang berhubungan dengan efektivitas elektrokoagulasi untuk pemisahan polutan pada air kolam renang?

### **E. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui kondisi optimum yang meliputi nilai pH dan TDS pada metode elektrokoagulasi dengan elektroda alumnum dan grafit untuk pemisahan polutan dalam sampel air kolam renang.
2. Mengetahui kualitas air kolam renang yang meliputi nilai pH dan kadar TDS yang berhubungan dengan efisiensi elektrokoagulasi untuk pemisahan polutan pada air kolam renang.

### **F. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi tentang pengembangan pemisahan polutan pada air kolam renang Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Dapat dijadikan referensi bagi penelitian-penelitian lain yang berhubungan dengan elektrokoagulasi penurunan kadar polutan pada air kolam renang.

## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

### **A. Deskripsi Teori**

#### **1. Air**

Air sebagai sumber daya adalah air yang dibutuhkan oleh semua kehidupan, baik tumbuhan, mikroorganisme maupun manusia. Agar tetap dapat kita pakai air harus dijaga supaya tidak tercemar, karena sifat air yang mudah berubah baik dari segi bentuk, ukuran dan rasa warna dari lingkungannya yang mempengaruhinya, apa lagi jika lingkungan yang tercemar maka air juga akan mudah sekali tercemar. Begitu pula yang terjadi pada air kolam renang, dikarenakan sudah diberi tambahan zat-zat kimia dan cemaran dari manusia yang berenang. Maka dapat dipastikan bahwa air kolam renang tersebut juga akan mudah sekali untuk tercemar.

#### **2. Air Kolam Renang**

Pemerintah telah memberikan rekomendasi tentang persyaratan kolam renang yang sehat dan bersih. Syarat air kolam renang diatur sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang kualitas air kolam renang dan keluhan kesehatan pengguna yang pada lampirannya memuat syarat kualitas air kolam renang. Salah satu aspek yang harus diawasi dari sanitasi kolam renang adalah kualitas airnya yang harus memenuhi syarat, baik secara fisik, kimia, maupun mikrobiologi (Dian Wahyu dan Retno Adriyani, 2013: 27 ).

Salah satu langkah pengelolaan kolam renang yang dilakukan adalah pemantauan dan interpretasi data kualitas air, mencakup kualitas fisika, kimia, dan

biologi. Namun, sebelum melangkah pada tahap pengelolaan, diperlukan pemahaman yang baik tentang *terminology*, karakteristik, dan interkoneksi parameter – parameter kualitas air (Effendi, 2003: 11-12).

Pemerintah telah menetapkan baku mutu air kolam renang melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.

Tabel 1. Baku Mutu Air Kolam Renang

No	Parameter	Satuan	Kadar yang diperbolehkan		Keterangan
			Min	Max	
	FISIKA				
1.	Bau	-	-	-	Bebas dari bau yang mengganggu
2.	Benda terapung	-	-	-	Bebas dari bentuk terapung.
3.	Kejernihan	-	-	-	Piringan sesuai yang diletakkan pada dasar kolam yang terdalam dapat dilihat jelas dari tepi kolam pada jarak lurus 7m
	B. KIMIA				
1.	Alumunium	mg/L	-	0,2	Dalam waktu 4 jam pada suhu udara
2.	Kerasaan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	50	500	
3.	Oksigen Terabsorbsi(O <sub>2</sub> )	mg/L	-	1	
4.	pH	-	6,5	8,5	
5.	Sisa Chlor	mg/L	0,2	0,5	
6.	Tembaga Sebagai Cu	mg/L	-	1,5	
	C. MIKRO BIOLOGI				
1.	Koliform total	Jml per 100 mL	-	0	
2.	Jumlah kuman	CFU	-	200	



### 3. Pengolahan Air Kolam Renang

Pada umumnya setiap air kolam renang dalam perawatannya selain diberi tawas dan kaporit yang tujuannya untuk menjernihkan dan membunuh bakteri dalam air kolam renang, juga dilakukan pengolahan dengan cara filterisasi. Air kolam renang dikatakan tersaring sempurna bila 100% air melewati filter. Jadi bukan seberapa lama proses filterisasi tersebut, dan sia-sia apabila proses filter hanya menjangkau 50% area kolam renang. Sirkulasi kolam renang yang benar adalah air kotor disedot oleh pompa khusus kolam renang lalu dimasukkan ke dalam filter. Terakhir, air yang sudah bersih dialirkan kembali ke dalam kolam. Lamanya waktu filterisasi air kolam renang dapat dihitung secara sederhana dengan melihat kemampuan pompa serta luas kolam renang. Anggap saja kapasitas kolam renang  $100 \text{ m}^3$  dan kemampuan pompa  $20 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Waktu yang dibutuhkan untuk proses membersihkan kolam renang adalah 5-6 jam (<http://poolnjacuzzi.com/konsultasi/sirkulasi-kolam-renang-yang-benar.html>).

### 4. TDS (Total Dissolved Solid)

Kelarutan zat padat dalam air atau disebut sebagai *Total Dissolved Solid* (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air, sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau karena adanya ganggang di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan oleh mata telanjang (Situmorang, 2007: 23).

Padatan yang terdapat di perairan diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikel, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter

No.	Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Ukuran Diameter (mm)
1	Padatan Terlarut	$< 10^{-3}$	$< 10^{-6}$
2	Koloid	$10^{-3} - 1$	$10^{-6} - 10^{-3}$
3	Padatan Tersuspensi	$> 1$	$> 10^{-3}$

Sumber : Effendi, 2003: 55.

Padatan Terlarut Total (*Total Dissolved Solid* atau TDS) adalah bahan-bahan terlarut (diameter  $< 10^{-6}$  mm) dan koloid (diameter  $10^{-6} - 10^{-3}$  mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter  $0,45\mu\text{m}$  (Rao, 1992: 36).

TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasanya ditemukan di perairan. Adapun ion-ion yang terdapat di perairan ditunjukkan dalam Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Ion-ion yang biasa ditemukan di perairan

<i>Major Ion</i> (Ion Utama) (1,0 – 1.000 mg/liter)	<i>Secondary Ion</i> (Ion Sekunder) (0,01 – 10,0 mg/liter)
Sodium (Na)	Besi (Fe)
Kalsium (Ca)	Strontium (Sr)
Magnesium (Mg)	Kalium (K)
Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )	Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ )
Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )
Klorida ( $\text{Cl}^-$ )	Fluorida ( $\text{F}^-$ )
	Bromida ( $\text{Br}^-$ )
	Silika ( $\text{SiO}_2$ )

Sumber : Todd, 1970: 79.

Total padatan terlarut merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Oleh karena itu, analisa total padatan terlarut menyediakan pengukuran kualitatif dari jumlah ion terlarut, tetapi tidak menjelaskan pada sifat atau hubungan ion. Selain itu, pengujian tidak memberikan wawasan dalam masalah kualitas air yang spesifik. Oleh karena itu, analisa total padatan terlarut digunakan sebagai uji indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Sumber padatan terlarut total dapat mencakup semua kation dan anion terlarut.

Total zat padat terlarut biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila total zat padat terlarut bertambah maka kesadahan akan naik pula. Selanjutnya efek padatan terlarut ataupun padatan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut (Slamet, 1994: 102).

## **5. Elektrolisis**

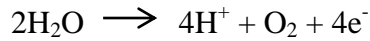
Elektrolisis adalah peristiwa penguraian elektrolit oleh arus listrik searah dengan menggunakan dua macam elektroda. Elektroda tersebut adalah katoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif) dan anoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif).

Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda dan jumlah elektronnya berkurang sehingga bilangan oksidasinya bertambah.

a. Ion  $\text{OH}^-$  dioksidasi menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{O}_2$ . Reaksinya:



- b. Ion sisa asam yang mengandung oksigen (misalnya  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) tidak dioksidasi, yang dioksidasi air. Hal ini terjadi dikarenakan energi potensial oksidasi  $\text{H}_2\text{O}$  lebih besar daripada ion sisa asam. Reaksinya:

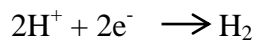


Ion asam yang lain dioksidasi menjadi molekul. Contoh:

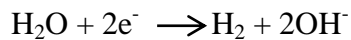


Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) ditarik oleh katoda dan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang.

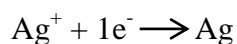
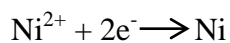
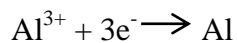
- a. Ion  $\text{H}^+$  direduksi menjadi  $\text{H}_2$ . Reaksinya:



- b. Ion logam alkali (IA) dan (IIA) tidak direduksi, yang direduksi adalah air. Hal ini terjadi dikarenakan energi potensial reduksi  $\text{H}_2\text{O}$  lebih besar dari logam-logam tersebut.



- c. Ion logam lain (misalnya  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  dan lainnya) direduksi. Contoh:



(<http://romdhoni.staff.gunadarma.ac.id>).

## 6. Koagulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah metode tradisional pada pengolahan air limbah. Proses pengendapan berkaitan dengan proses koagulasi dan flokulasi.

Koagulasi adalah peristiwa pembentukan atau penggumpalan partikel-partikel kecil. Flokulasi adalah peristiwa penggumpalan partikel-partikel kecil hasil koagulasi menjadi flok yang lebih besar sehingga lebih cepat mengendap (Sugili Putra, Suryo Rantjono dan Trisnadi Arifiansyah, 2009: 699). Merupakan metode yang lebih efisien dan murah untuk mengolah air limbah dengan jenis polutan yang bervariasi serta meminimalisasi bahan aditif, yang diperlukan dalam manajemen keberlanjutan air.

## **7. Elektrokoagulasi**

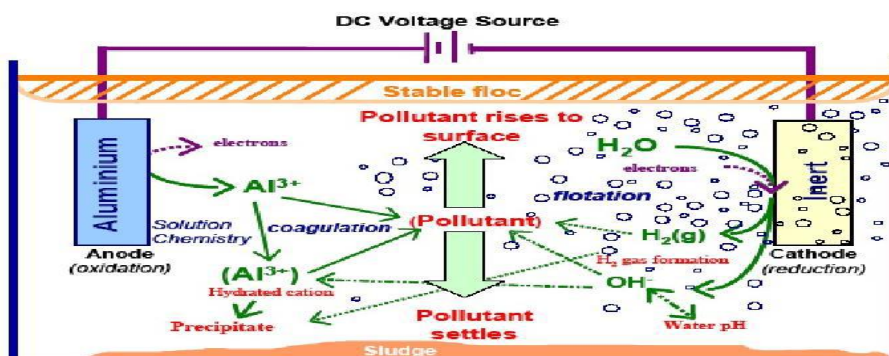
Salah satu teknik pengolahan limbah cair secara kimia adalah dengan proses elektrokoagulasi. Pemakaian bahan kimia sebagai bahan utama maupun bahan pembantu pada proses pengolahan limbah saat ini harus benar-benar dipertimbangkan terkait dengan beban pencemar lingkungan. Elektrokoagulasi terdiri dari tiga proses dasar yaitu elektrolisis, koagulasi dan flotasi. Ketiga proses dasar ini saling berinteraksi dan berhubungan untuk menjalankan elektrokoagulasi (Holt, 2002: 24).

Proses elektrokoagulasi meliputi beberapa tahap yaitu proses equalisasi, proses elektrolisis (flokulasi-koagulasi) dan proses sedimentasi. Proses equalisasi dimaksudkan untuk menyeragamkan limbah cair yang akan diolah terutama kondisi pH, pada tahap ini tidak terjadi reaksi kimia. Elektrokoagulasi seringkali dapat menetralkan muatan-muatan partikel dan ion, sehingga bisa mengendapkan kontaminan-kontaminan, menurunkan konsentrasi lebih rendah dari yang bisa dicapai dengan pengendapan kimiawi. Meskipun mekanisme elektrokoagulasi mirip dengan koagulasi kimiawi dalam hal spesies kation yang berperan dalam

netralisasi muatan-muatan permukaan, tetapi karakteristik flok yang dihasilkan oleh elektrokoagulasi berbeda secara dramatis dengan flok yang dihasilkan oleh koagulasi kimiawi. Flok dari elektrokoagulasi cenderung mengandung sedikit ikatan air, lebih stabil dan lebih mudah disaring (Woytowich, 1993: 33).

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak menuju katoda yang bermuatan negatif. Sedangkan ion-ion negatif dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif) yang bergerak menuju anoda yang bermuatan positif (Purwaningsih, 2008: 5).

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi ini merupakan reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektrode (+) yaitu anode, sedangkan reduksi terjadi di elektrode (-) yaitu katode. Yang terlibat reaksi dalam elektrokoagulasi selain elektrode adalah air yang diolah yang berfungsi sebagai larutan elektrolit (Ardhani dan Ismawati, 2007: 2). Berikut ini merupakan gambar dari mekanisme dalam proses elektrokoagulasi (Gambar 1).



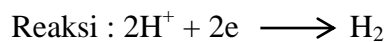
Gambar 1. Mekanisme dalam proses elektrokoagulasi (Holt *et al.*, 2006).

Dari gambar mekanisme diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

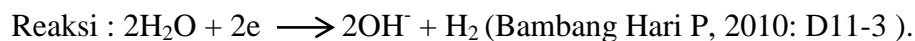
1. Reaksi pada Katoda

Pada katoda akan terjadi reaksi-reaksi reduksi terhadap kation, yang termasuk dalam kation ini adalah ion  $H^+$  dan ion ion logam.

- a. Ion  $H^+$  dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.

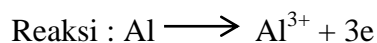


- b. Jika larutan mengandung ion-ion logam alkali, alkali tanah, maka ion-ion ini tidak dapat direduksi dari larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen ( $H_2$ ) pada katoda.

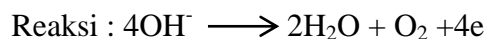


2. Reaksi pada Anoda

- a. Anoda yang digunakan logam Alumunium akan teroksidasi:

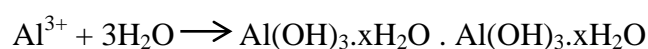


- b. Ion  $OH^-$  akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen ( $O_2$ ):



Basa  $OH^-$  berasal dari hasil reaksi reduksi pada air ( $H_2O$ ) yang terjadi pada katoda.

- c. Proses anodik mengakibatkan terlarutnya logam aluminium menjadi molekul ion  $Al^{3+}$ . Ion yang terbentuk ini, di dalam larutan akan mengalami reaksi hidrolisis, menghasilkan padatan  $Al(OH)_3 \cdot xH_2O$  yang tidak dapat larut lagi dalam air. Reaksinya :



Padatan yang terbentuk dalam larutan dapat berfungsi sebagai koagulan untuk proses koagulasi-flokulasi yang terjadi pada proses selanjutnya di dalam sel elektrokoagulasi. Setelah proses koagulasi-flokulasi ini selesai maka kontaminan-kontaminan yang berada dalam air buangan dapat terpresipitasi dengan sendirinya (Farida Hanum, dkk 2015: 14).

3. Anion-anion lain ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ) tidak dapat dioksidasi dari larutan, yang akan mengalami oksidasi adalah pelarutnya ( $\text{H}_2\text{O}$ ) membentuk gas oksigen ( $\text{O}_2$ ) pada anoda:

Reaksi :  $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}$  (Bambang Hari P, 2010: D11: 4).

Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan menghasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya. Sedangkan pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk.

Ada beberapa macam interaksi spesies dalam larutan pada proses elektrokoagulasi, yaitu :

- a. Migrasi ke elektroda yang bermuatan berlawanan (*electrophoresis*) dan penggabungan (*aggregation*) untuk membentuk senyawa netral.
- b. Kation atau ion hidroksi ( $\text{OH}^-$ ) membentuk endapan dengan polutan.
- c. Logam kation berinteraksi dengan ( $\text{OH}^-$ ) membentuk hidroksi, yang mempunyai sisi yang mengadsorpsi polutan (*bridge coagulation*).
- d. Hidroksi membentuk struktur besar dan membersihkan polutan (*sweep coagulation*).
- e. Oksidasi polutan sehingga mengurangi toksisitasnya.
- f. Penghilangan melalui elektroflotasi dan adhesi gelembung udara.



## 8. Elektroda Alumunium dan Grafit Pada Elektrokoagulasi

Alumunium adalah unsur yang paling melimpah ketiga dan logam paling berlimpah yang ditemukan di kerak bumi. Hal ini umumnya ditemukan di bumi dalam mineral dan senyawa seperti *feldspar*, *beryl*, *kriolit*, dan *pirus*.

Alumunium (Al) merupakan logam ringan yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan hantaran listrik yang baik. Alumunium biasa dipergunakan untuk peralatan rumah tangga, material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lain. Untuk mendapatkan peningkatan kekuatan mekanik, biasanya logam alumunium dipadukan dengan dengan unsur Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan unsur lain (Surdia, 1991: 56).

Alumunium adalah salah satu logam yang baik digunakan sebagai elektroda pada metode elektrokoagulasi. Pada penelitian ini, alumunium berperan sebagai anoda yang nantinya pada elektroda tersebut akan terjadi pengendapan berupa  $\text{Al(OH)}_3$  yang fungsinya sebagai pengendap polutan.

Grafit adalah satu inti karbon yang merupakan konduktor listrik yang bisa digunakan sebagai material elektroda pada sebuah lampu listrik. Bahan grafit mempunyai keistimewaan seperti sifat mekanis seperti logam, ringan dan mempunyai sifat yang baik serta dari segi ekonomi bahan dasar grafit buatan tersedia melimpah dan murah. Banyak metode pembuatan grafit sintesis yang dikenal secara umum pembuatannya melalui tahap proses yaitu proses kalsinansi bahan mengandung unsur karbon menjadi bahan kokas, tahap pencampuran bahan kokas tersebut dengan bahan pengikat, pencetakan, pemanggangan dan grafitisasi. Sebagai contoh adalah kokas petroleum (*petroleum coke*) kokas terkalsinasi

(*calsine coke*) dan kokas mentah (*green coke*). Grafit artificial dapat dihasilkan dari proses pemanasan bertahap bahan baku campuran *calsine coke* dan *Tar Pitch*, tahap pertama adalah tahap pemanggang 900°C diperoleh grafit Eurbo statik pada tahap grafitisasi 1 pemanasan mencapai suhu 1800°C dan akan menghasilkan grafit dengan stuktur kristal. Tahap selanjutnya grafitisasi 2 yang dipanaskan dengan suhu 3000°C hingga stuktur kristal berubah menjadi heksagonal (Arif Artadi, Sudaryo dan Aryadi, 2007: 106).

Pada penelitian ini grafit berperan sebagai katoda. Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi katoda akan menghasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya.

## **9. AAS**

AAS sering juga disebut dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), Absorpsi atom adalah spektroskopi atom yang pertama kali dapat diandalkan untuk menganalisa adanya logam dalam sampel yang berasal dari lingkungan. AAS itu sendiri adalah salah satu instrument untuk mengukur konsentrasi unsur pada suatu element yang menggunakan prinsip eksitasi pada atom.

Komponen – komponen Spektroskopi Serapan Atom:

### **a. Lampu katoda berongga ( *Hollow Cathode Lamp* )**

Lampu katoda berongga terdiri atas tabung gelas yang diisi dengan gas argon (Ar) atau neon (Ne) bertekanan rendah (4-10 torr) dan di dalamnya dipasang sebuah katoda berongga dan anoda. Rongga katoda berlapis logam murni dari unsur obyek analisis. Misalnya: untuk pengukuran Cu diperlukan lapisan logam Cu. Batang anoda terbuat dari logam wolfram/tungsten (W).

b. Ruang pengkabutan (*Spray Chamber*)

Merupakan bagian di bawah burner dimana larutan contoh diubah menjadi aerosol. Dinding dalam dari spray chamber ini dibuat dari plastik / teflon. Dalam ruangan ini dipasang peralatan yang terdiri atas :

- 1) *Nebulizer glass bead* atau *impact bead* (untuk memecahkan larutan menjadi partikel butir yang halus)
- 2) *Flow spoiler* (berupa baling-baling berputar, untuk mengemburkan butir / partikel larutan yang kasar)
- 3) Inlet dari *fuel gas* dan *drain port* (lubang pembuangan)

c. Pembakar (*Burner*)

Merupakan alat dimana campuran gas (bahan bakar dan oksida) dinyalakan. Dalam nyala yang bersuhu tinggi itulah terjadi pembentukan atom-atom analit yang akan diukur. Alat ini terbuat dari logam yang tahan panas dan tahan korosi. Desain burner harus dapat mencegah masuknya nyala ke dalam spray chamber . Hal ini disebut "*blow back*" dan amat berbahaya. Burner untuk nyala udara asetilen (suhu 2000 – 2200 C) berlainan dengan untuk nyala nitrous oksida-asetilen (suhu 2900 – 3000 C). Burner harus selalu bersih untuk menjamin kepekaan yang tinggi dan kedapatulangan (*repeatability*) yang baik.

d. Monokromator & Slit (Peralatan optik)

Monokromator dan slit berfungsi untuk mengisolir sebuah resonansi dari sekian banyak spektrum yang dihasilkan oleh lampu katoda berongga.

e. Detektor

Detektor yang biasa digunakan dalam AAS ialah jenis photomultiplier tube , yang jauh lebih peka daripada phototube biasa dan responnya juga sangat cepat (10 det). Fungsinya untuk mengubah energi radiasi yng jatuh pada detektor menjadi sinyal elektrik / perubahan panas.

f. Lain-lain

- 1) Pembuangan gas dan udara kotor (*exhaust dust*)
- 2) Pipa saluran gas

Metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA) berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu. Spektroskopi Serapan Atom menyangkut penyelidikan-penyelidikan energi radiasi suatu atom netral dalam keadaan gas. Pengubahan ion logam menjadi cuplikan, dari larutan menjadi uap terdisosiasi dapat dilakukan oleh energi panas, baik dalam nyala atau dalam tungku listrik. Temperatur yang tepat akan menjadikan uap atom optimum. Temperatur yang tinggi menyebabkan atom-atom akan terionisasi. Atom-atom yang terionisasi tidak akan menyerap panjang gelombang yang diharapkan sehingga akan berpengaruh pada pengukuran. Konsentrasi analit dikorelasikan terhadap jumlah energi radiasi yang diserap melalui penggunaan kurva kalibrasi yang dibuat dari suatu seri larutan standar. Batas deteksi metode SSA sangat bervariasi dan dapat mencapai puluhan ppb, tergantung sifat analit dan matriks serta kesensitifan SSA yang digunakan.

Secara umum cara kerja spektrofotometer serapan atom adalah sumber sinar yang berupa tabung katoda berongga (*hollow cathode lamp*), tabung katoda

yang digunakan adalah tabung katoda Al karena penelitian ini akan menganalisis unsur Al. Tabung katoda menghasilkan sinar monokromatis yang mempunyai beberapa garis resonansi. Sampel diubah fasenya dari larutan menjadi uap atom bebas di dalam atomizer dengan nyala api (udara-asetilen) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dengan oksigen. Atom akan tereksitasi karena menyerap sinar dari tabung katoda berongga, kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu. Monokromator akan mengisolasi salah satu garis resonansi yang sesuai dengan sampel dari beberapa garis resonansi yang berasal dari sumber sinar. Berkas cahaya akibat absorpsi latar belakang dan akibat penghamburan dapat dihilangkan dengan sistem ini, sehingga hanya radiasi resonansi yang terabsorpsi oleh sampel. Fraksi atom akan tereksitasi dan mengemisikan radiasi resonansi ke semua arah pada panjang gelombang yang sesuai. Energi sinar dari monokromator akan diubah menjadi energi listrik dalam detektor. Energi listrik dari detektor yang akan menggerakkan jarum dan mengeluarkan grafik (S.M. Khopkar, 2008: 291).

Hubungan antara serapan yang dialami oleh sinar dengan konsentrasi analit dalam larutan standar bisa dipergunakan untuk menganalisa larutan sampel yang tidak diketahui, yaitu dengan mengukur serapan yang diakibatkan oleh larutan sampel tersebut terhadap sinar yang sama. Biasanya terdapat hubungan yang linier antara serapan ( $A$ ) dengan konsentrasi ( $c$ ) dalam larutan yang diukur dan koefisien absorpsi ( $a$ ).

$$A = a \cdot b \cdot C$$

Dari hukum Lambert-Beer / Bouguer-Beer "Bila cahaya monokromatis dilewatkan pada media transparan maka berkurangnya intensitas cahaya yang ditransmisikan sebanding dengan ketebalan (b) dan konsentrasi larutan."

Cara sederhana untuk menemukan konsentrasi unsur logam dalam cuplikan adalah dengan membandingkan nilai absorbansi ( $A_x$ ) dari cuplikan dengan absorbansi zat standar yang diketahui konsentrasinya.

Larutan standar yang konsentrasinya  $C_s$  di SSA akan diperoleh absorbansi sebesar  $A_s$ . Sampel dengan konsentrasi yang tidak diketahui ( $C_x$ ) di SSA dan diperoleh absorbansi sebesar  $A_x$ , maka  $C_x$  dapat diketahui melalui persamaan:

$$A_x \cdot C_x = A_s \cdot C_s$$

$$C_x = \frac{A_s}{A_x} \times C_s$$

Keterangan:

$A_x$  = absorbansi sampel

$A_s$  = absorbansi standar

$C_x$  = konsentrasi sampel

$C_s$  = konsentrasi standar

Cara penentuan konsentrasi sampel dapat pula dilakukan dengan metode kalibrasi larutan standar, yaitu dengan memvariasi konsentrasi larutan standar kemudian di SSA. Masing-masing konsentrasi akan diperoleh absorbansinya. Kurva absorbansi vs konsentrasi standar akan berupa garis lurus dengan persamaan  $Y = bx + a$ .

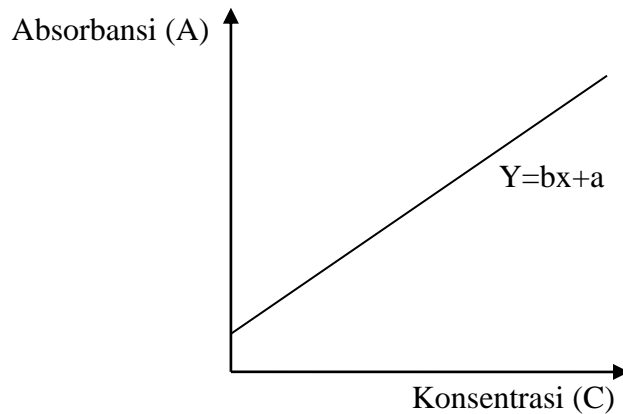
Keterangan:

$Y$  = absorbansi

$b = \text{slope}$

$a = \text{intersep}$

$x = \text{konsentrasi}$



Gambar 7. Kurva Kalibrasi Standar

Konsentrasi sampel dapat diketahui dengan cara memasukkan absorbansi sampel ke dalam persamaan garis.

Keuntungan metode AAS dibandingkan dengan spektrofotometer biasa yaitu spesifik, batas deteksi yang rendah dari larutan yang sama bisa mengukur unsur-unsur yang berlainan, pengukurannya langsung terhadap contoh, output dapat langsung dibaca, cukup ekonomis, dapat diaplikasikan pada banyak jenis unsur, batas kadar penentuan luas (dari ppm sampai %). Sedangkan kelemahannya yaitu pengaruh kimia dimana AAS tidak mampu menguraikan zat menjadi atom misalnya pengaruh fosfat terhadap Ca, pengaruh ionisasi yaitu bila atom tereksitasi (tidak hanya disosiasi) sehingga menimbulkan emisi pada panjang gelombang yang sama, serta pengaruh matriks misalnya pelarut.

## 10. pH Meter

Pengukuran pH diperlukan untuk berbagai kebutuhan di bidang pertanian, kedokteran, untuk kosmetik, biomedik, dan lain sebagainya. Tiap-tiap bidang, membutuhkan alat ukur dengan sensitivitas yang berbeda-beda. Karena inilah penelitian mengenai sensor pH terus berkembang. Kertas indikator universal adalah salah satu alat ukur pH konvensional. Prinsip kerjanya sederhana, hanya dengan melihat perubahan warna pada kertas lakmus saat dicelupkan pada larutan yang ingin diketahui nilai pHnya. Selanjutnya perubahan warna kertas lakmus dicocokkan dengan bagan warna penunjuk yang ada sehingga diketahui nilai pHnya. Alat ukur ini kurang efektif karena sensitivitasnya kecil dan nilai pH yang terbaca adalah nilai pendekatan (yaitu dengan menentukan kemiripan warna yang paling dekat antara kertas lakmus dan bagan warna).

Selain lakmus, pengukuran pH dapat dilakukan dengan menggunakan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan. Cara kerja pH meter ini adalah dengan cara mencelupkan probe dari pH meter ke dalam larutan yang akan diukur (kira-kira kedalaman 5cm) dan secara otomatis alat bekerja mengukur. pH meter memiliki ketelitian yang lebih baik yaitu memiliki sensitivitas 0.01 pH. Meskipun demikian, pH meter masih mempunyai kekurangan, yaitu perubahan yang lambat dan berosilasi, yang merupakan masalah yang penting dalam menentukan skala yang valid. Saat ini, serat optik plastik mulai banyak digunakan untuk dekorasi, jaringan lokal, pencahayaan, pemandu gambar dan untuk sensor. Serat Optik memiliki beberapa kelebihan diantaranya ringan, tidak mengalami korosi, tidak sensitif terhadap interferensi



elektromagnetik, memiliki diameter yang cukup besar sehingga dalam penyambungan antara satu bagian dengan bagian yang lain menjadi lebih mudah, serta memiliki nilai NA (*Numerical Apperture*) yang cukup besar. Sedangkan kelemahannya adalah panjang lintasan tidak terlalu jauh, hal ini disebabkan karena serat optik plastik memiliki rugi propagasi yang tinggi. Telah banyak jurnal yang berisi penelitian tentang pemanfaatan serat optik plastik sebagai sensor diantaranya adalah sensor strain, temperatur, kelembaban, sensor pH dan lain sebagainya (Nafi'ul Matiin, Agus Muhammad Hatta dan Sekartedjo, 2012: 1).

## **11. TDS Meter**

TDS (*Total Dissolve Solid*) yaitu ukuran zat terlarut ( baik itu zat organik maupun anorganik, Contoh : garam, dll) yang terdapat pada sebuah larutan. TDS meter menggambarkan jumlah zat terlarut dalam part per million (ppm) atau sama dengan milligram per liter ( mg/ L). Alat ini biasa digunakan untuk mengukur jumlah partikel terlarut pada air minum dan juga digunakan untuk mengukur kepekatan larutan nutrisi hidroponik atau dengan kata lain konsentrasi larutan nutrisi. Cara kerja pengukurannya sangat mudah, yang pertama tekan tombol on/off lalu tekan tombol kalibrasi, kemudian mencelupkan ujung alat ke dalam larutan yang ingin diukur, biarkan beberapa detik sampai angka yang ada pada *display* alat tersebut konstan, lalu nilai TDS akan muncul.

## **B. Penelitian Yang Relevan**

Penelitian Bambang Hari P dan Mining Harsanti (2010) yang berjudul Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi dengan Sel Al – Al menyebutkan bahwa elektrokoagulasi secara teknis dapat memberikan

hasil yang baik untuk pengolahan tahap awal dari rangkaian instalasi pengolahan limbah dengan kualifikasi standar. Perubahan atau penurunan kadar polutan yang indikasinya ditunjukkan oleh parameter kadar TSS, kekeruhan, kadar COD, dan kadar BOD.

Penelitian Bambang Iswanto, Mawar DS Silalahi dan Utari Ayuningtyas (2009) yang berjudul Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium menyebutkan bahwa elektrokoagulasi dapat menurunkan konsentrasi COD, BOD, TSS, Detergen, Minyak dan Lemak, TKN, VSS, Total Phosphat, pH, Temperatur dan Kekeruhan dalam air limbah.

Penelitian Danang Widjajanto, dkk (2011) yang berjudul Penurunan Kadar Logam berat dan Kekeruhan Air limbah Menggunakan Proses Elektrokoagulasi menyebutkan bahwa Proses elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium dapat menurunkan kadar besi dan kekeruhan dalam air limbah. Semakin lama waktu proses atau arus semakin besar, maka kadar besi dan kekeruhan air limbah semakin turun.

### **C. Kerangka Berpikir**

Penggunaan kaporit yang berlebih dan polutan-polutan berasal dari orang-orang yang berenang serta minimnya pengolahan pada air kolam renang dapat menimbulkan efek negatif pada lingkungan dan sekitarnya. Terutama berdampak langsung terhadap orang yang berenang di dalamnya. Batas kandungan maksimal zat-zat kimia maupun polutan yang terdapat di dalam air kolam renang sudah diatur menurut Permenkes Nobler 416/MENKES/PER/IX/ 1990. Pada penelitian

ini yang dijadikan sebagai indikator adanya polutan adalah kadar TDS yang ada di dalam air kolam renang. Semakin tinggi kadar TDS, maka kandungan polutan yang terdapat dalam air kolam renang juga semakin tinggi.

Penelitian dimulai dengan mengelektrokoagulasi sampel air kolam renang menggunakan elektroda alumunium sebagai anoda dan grafit sebagai katoda. Dilakukan dengan variasi tegangan listrik dan waktu proses elektrokoagulasi. Pada anoda akan terjadi proses anodik yang mengakibatkan elektroda alumunium terlarut menjadi ion  $Al^{3+}$ . Ion yang terbentuk ini, di dalam larutan akan mengalami reaksi hidrolisis, menghasilkan padatan  $Al(OH)_3$  yang tidak dapat larut lagi dalam air dan dapat berfungsi sebagai koagulan untuk proses koagulasi-flokulasi yang terjadi pada proses selanjutnya di dalam sel elektrokoagulasi yang berguna untuk menangkap polutan. Setelah proses koagulasi-flokulasi ini selesai maka polutan yang berada dalam air kolam renang ikut mengendap bersama flok dan berkurang dengan sendirinya, yang dapat dilihat dari hasil analisis data AAS, TDS dan pH.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **A. Subjek dan Objek Penelitian**

#### **1. Subjek penelitian**

Subjek dalam penelitian ini adalah polutan pada air kolam renang.

#### **2. Objek penelitian**

Objek dalam penelitian ini adalah kondisi optimum, efektivitas dan efisiensi elektrokoagulasi terhadap penurunan kadar polutan pada air kolam renang Universitas Negeri Yogyakarta.

### **B. Variabel Penelitian**

#### **1. Variabel bebas**

Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

- a. Variasi tegangan listrik yang digunakan adalah 1, 5, dan 10 volt.
- b. Variasi waktu proses elektrokoagulasi yaitu 1, 2, 3, 4, 6, 8 dan 24 jam.

#### **2. Variabel kontrol**

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

Elektroda yang digunakan adalah lempengan alumunium dengan lebar 2 cm, panjang 8 cm dan tebal 1 mm sebagai anoda dan grafit dengan panjang 5,7 cm dan diameter 8 mm sebagai katoda.

#### **3. Variabel terikat**

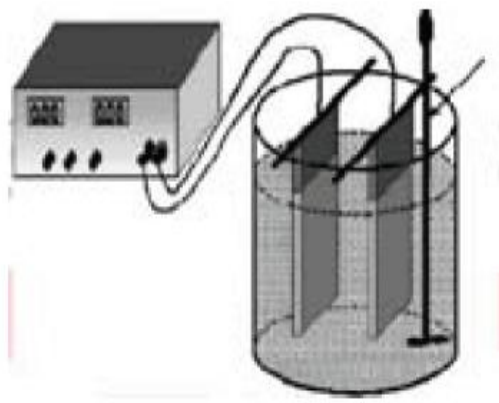
Variabel terikat pada penelitian ini adalah :

pH air, efektivitas dan efisiensi elektrokoagulasi pada air kolam renang terhadap polutan.

### C. Instrumen Penelitian

1. Alat-alat yang digunakan adalah :
  - a. Power supply DC
  - b. Beaker glass 500 ml
  - c. Stopwatch
  - d. Alat pemotong
  - e. Kabel
  - f. Penjepit buaya
  - g. Penyangga
  - h. AAS
  - i. Labu takar
2. Bahan yang digunakan adalah :
  - a. Air kolam renang Universitas Negeri Yogyakarta
  - b. Plat alumunium
  - c. Grafit (bekas dari baterai ABC)
  - d. Akuades

### D. Skema Rangkaian Alat



## **E. Prosedur Penelitian**

1. Optimasi tegangan listrik elektrokoagulasi awal
  - a. Merangkai alat.
  - b. Memasukan sampel air kolam renang sebanyak 90 ml ke dalam beaker glass 100 ml.
  - c. Memasukan elektroda, lalu menghidupkan sumber DC pada tegangan 1 volt.
  - d. Mengamati hasil elektrokoagulasi (gelembung dan flok yang terbentuk).
  - e. Mengulangi perlakuan yang sama dengan tegangan listrik 5 dan 10 volt.
2. Proses elektrokoagulasi
  - a. Memasukan sampel air kolam renang sebanyak 350 ml ke dalam beaker glass 500 ml (bak penampung).
  - b. Menghidupkan sumber DC pada tegangan 10 volt untuk mengoperasikan proses elektrokoagulasi.
  - c. Mematikan sumber DC setelah proses berjalan 1 jam.
  - d. Memisahkan kotoran yang telah mengendap.
  - e. Mengukur nilai pH menggunakan pH meter.
  - f. Mengukur TDS menggunakan alat pengukur TDS.
  - g. Melakukan analisis kandungan logam aluminium yang berasal dari elektroda dalam air hasil olahan dengan AAS.
  - h. Mengulangi perlakuan yang sama dengan waktu proses elektrokoagulasi selama 2, 3, 4, 6, 8 dan 24 jam.

## F. Teknik Analisis Data

Data yang sudah diperoleh dari hasil analisis kadar alumunium dari elektroda, nilai pH dan TDS dibuat grafik sehingga dapat dilakukan pembacaan penurunan kadar polutan yang terdapat dalam air kolam renang.

1. Menganalisa hasil kadar alumunium yang berasal dari elektroda dengan AAS yang telah dibuat berupa grafik hubungan antara waktu (jam) dan kadar alumunium dari elektroda (ppm).
2. Menganalisa hasil nilai pH yang telah dibuat berupa grafik hubungan antara waktu (jam) dan nilai pH.
3. Perhitungan Efisiensi Elektrokoagulasi terhadap penurunan TDS

Untuk mengetahui efisiensi elektrokoagulasi terhadap penurunan TDS dapat digunakan rumus :

$$\text{Efisiensi elektrokoagulasi} = \frac{C1 - C2}{C1} \times 100\%$$

Keterangan :

C1 = TDS sebelum dielektrokoagulasi ppm (mg/L)

C2 = TDS setelah dielektrokoagulasi ppm (mg/L)

Dari hasil perhitungan yang telah didapat, kemudian dibuat grafik hubungan antara waktu dan efisiensi elektrokoagulasi terhadap penurunan TDS (ppm).

4. Menganalisa hubungan hasil uji, antara ketiga parameter yang meliputi kadar alumunium dari elektroda, nilai pH dan TDS.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Penelitian**

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini berupa data konsentrasi pH, TDS, dan ion aluminium dalam air kolam renang. Kemudian dari data-data tersebut dibuat dalam bentuk tabel dan grafik efektivitas elektrokoagulasi terhadap polutan. Data yang diperoleh merupakan data dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Penelitian Kimia Universitas Negeri Yogyakarta dan Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada.

##### **1. Uji Optimasi Tegangan Listrik Elektrokoagulasi Awal**

Pada uji optimasi tegangan listrik ini dilakukan pada tegangan 1, 5 dan 10 volt. Hasil pengujian optimasi tegangan listrik ditunjukkan oleh Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Optimasi Tegangan Listrik Elektrokoagulasi Awal.

No.	Tegangan		
	1 Volt	5 Volt	10 Volt
1	Gelembung yang terbentuk pada anoda dan katoda sangat sedikit	Gelembung yang terbentuk pada anoda dan katoda sedikit	Gelembung yang terbentuk pada anoda dan katoda banyak
2	Flok yang terbentuk sangat sedikit	Flok yang terbentuk sedikit	Flok yang terbentuk banyak

Dari data diatas menunjukan bahwa dari variasi tegangan listrik 1, 5 dan 10 volt, yang paling baik untuk metode elektrokoagulasi ini sebesar 10 volt.



## 2. Uji Kadar Alumunium dalam Air dari Elektroda

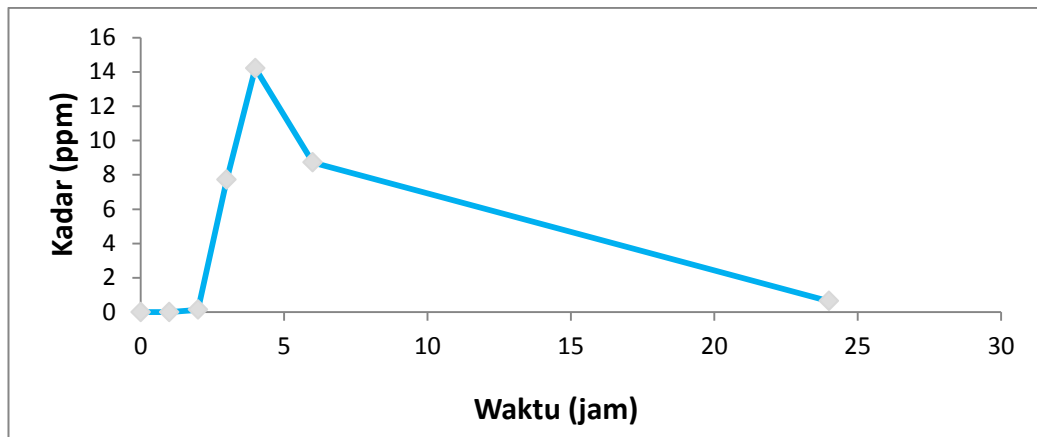
Pada uji ini dilakukan sebelum dan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi pada sampel air kolam renang. Elektroda yang digunakan adalah lempengan alumunium dengan lebar 2 cm, panjang 8 cm dan tebal 1 mm sebagai anoda dan grafit dengan panjang 5,7 cm dan diameter 8 mm sebagai katoda. Tegangan listrik yang digunakan sebesar 10 volt.

Hasil pengujian kadar alumunium dari elektroda dalam sampel air kolam renang sebelum dan sesudah dilakukan proses elektrokoagulasi ditunjukkan oleh Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Kadar Alumunium dalam Sampel Air Kolam Renang Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi.

No.	Waktu	Parameter	Hasil Pengukuran (ppm)	Alumunium yang hilang dari air (ppm)
1	0 jam (awal)	Al	Ttd	-
2	1 jam	Al	Ttd	-
3	2 jam	Al	0,147	-
4	3 jam	Al	7,724	-
5	4 jam	Al	14,219	-
6	6 jam	Al	8,723	5,496
7	24 jam	Al	0,647	8,076

Dari tabel di atas kemudian dibuat grafik hubungan antara kadar alumunium dalam air dengan waktu proses elektrokoagulasi dari variasi waktu 1 jam sampai dengan 24 jam.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu Elektrokoagulasi dan Kadar Alumunium.

Dari grafik diatas menunjukan bahwa semakin lama proses elektrokoagulasi, alumunium terlarut yang berasal dari elektroda (anoda) akan terdeteksi semakin besar dan pada waktu tertentu akan turun kembali.

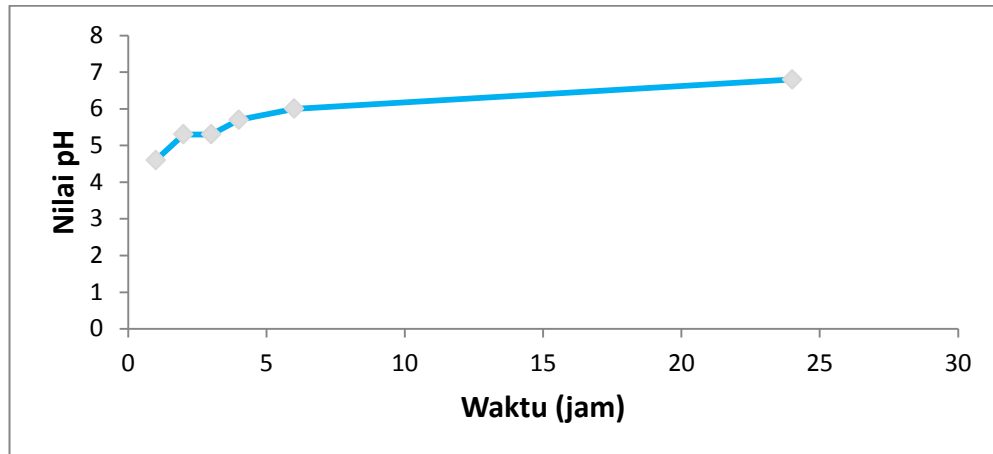
### 3. Uji pH

Pada saat proses elektrokoagulasi, setelah variasi waktu 1 jam hasil dari elektrokoagulasi dilakukan pengukuran nilai pH menggunakan pH meter. Pengukuran tersebut dilakukan hingga variasi waktu 24 jam. Data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Uji Nilai pH dalam Sampel Air Kolam Renang Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi.

No.	Waktu (jam)	pH	
		Sebelum	Setelah
1	1	3	4,6
2	2	3	5,3
3	3	3	5,3
4	4	3	5,7
5	6	3	6
6	24	3	6,8

Dari data tabel di atas kemudian dibuat grafik yang menunjukkan efisiensi elektrokoagulasi terhadap perubahan nilai pH dalam air dari jam ke-1 hingga jam ke-24.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Waktu dan Nilai pH.

Dari grafik diatas menunjukan bahwa pada variasi waktu (24 jam) proses elektrokoagulasi, nilai pH semakin naik dan nilai pH menuju ke arah netral.

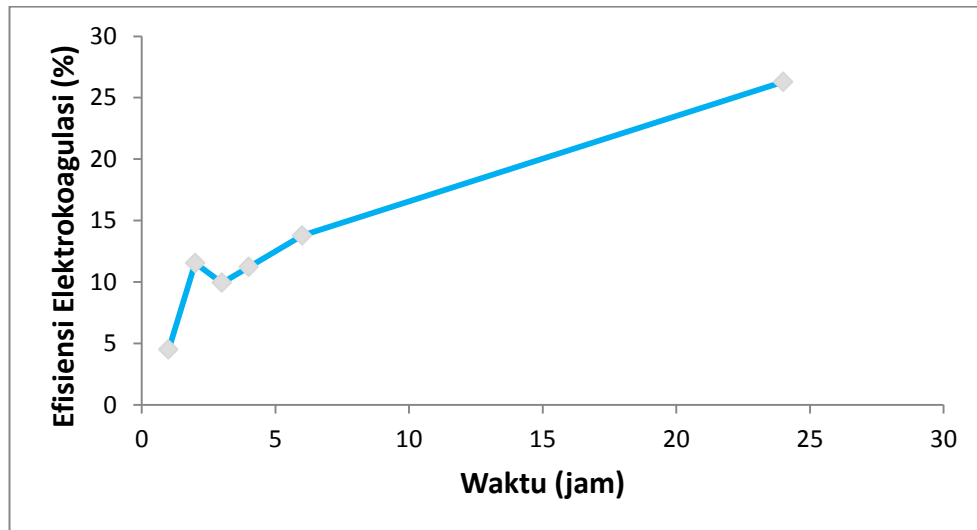
#### 4. Uji TDS

Pada saat proses elektrokoagulasi, setelah variasi waktu 1 jam hasil elektrokoagulasi dilakukan pengukuran TDS menggunakan TDS meter. Pengukuran tersebut dilakukan hingga variasi waktu 24 jam.

Tabel 7. Hasil Uji TDS dalam Sampel Air Kolam Renang Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi.

No.	Waktu (jam)	TDS (ppm)		Efisiensi Elektrokoagulasi (%)
		Sebelum	Setelah	
1	1	312	298	4,4872
2	2	312	276	11,5385
3	3	312	281	9,9359
4	4	312	277	11,2178
5	6	312	269	13,7820
6	24	312	230	26,2820

Dari tabel di atas kemudian dibuat grafik efisiensi yang menunjukkan efisiensi elektrokoagulasi terhadap penurunan TDS dalam air dari jam ke-1 hingga jam ke-24.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu dan Efisiensi Elektrokoagulasi terhadap penurunan TDS.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin lama proses elektrokoagulasi maka efisiensi elektrokoagulasi penurunan TDS semakin naik dan TDS semakin kecil.

## B. Pembahasan

Penelitian yang berjudul pengolahan air kolam renang menggunakan metode elektrokoagulasi dengan elektroda alumunium dan grafit yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas metode untuk menurunkan kadar polutan yang terdapat dalam air kolam renang.

Penelitian ini dilakukan secara skala laboratorium di laboratorium penelitian kimia UNY. Sampel air kolam renang yang digunakan berasal dari

kolam renang FIK UNY yang biasa digunakan oleh mahasiswa maupun masyarakat umum. Dipilih kolam renang tersebut dikarenakan airnya kualitasnya buruk, dapat diketahui dari bau kaporit yang sangat menyengat, rasanya masam, jika terkena mata terasa perih. Dan informasi yang didapat dari pengelola kolam renang, air nya tidak pernah diganti. Hanya diberi zat-zat kimia tertentu secara terus menerus untuk menjaga kejernihan air dan itu artinya kotoran-kotoran yang berasal dari manusia berupa keringat, air liur, air urin dan lain-lain bercampur menjadi satu di dalam kolam renang tersebut.

Rangkaian alat elektrokoagulasi terdiri dari bak penampungan berupa beaker glass 500 ml. *Powersupply* sebagai sumber arus DC, dan elektroda yang digunakan adalah lempengan/plat alumunium dengan lebar 2 cm, panjang 8 cm dan tebal 1 mm sebagai anoda dan grafit dengan panjang 5,7 cm dan diameter 8 mm sebagai katoda. Air kolam renang sebanyak 350 ml dimasukan ke dalam bak penampung, lalu dialiri listrik yang berasal dari *powersupply* akan mengalir melewati elektroda yang menyebabkan terbentuknya flok.

### **1. Uji Optimasi Tegangan Listrik Elektrokoagulasi Awal**

Pada uji ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besaran tegangan listrik yang paling baik untuk digunakan proses elektrokoagulasi pada tahap selanjutnya. Variasi tegangan yang digunakan sebesar 1, 5 dan 10 volt dengan waktu 10 menit. Dari penelitian ini diperoleh data yang menunjukkan bahwa pada tegangan 1 volt, gelembung yang terbentuk pada elektroda dan flok yang terbentuk sangat sedikit. Pada tegangan 5 volt, gelembung dan flok yang terbentuk masih sedikit akan tetapi lebih banyak daripada tegangan 1 volt. Pada tegangan 10

volt, gelembung dan flok yang terbentuk paling banyak daripada tegangan 1 dan 5 volt. Gelembung yang terbentuk dari elektroda grafit (katoda) adalah gelembung gas hidrogen ( $H_2$ ), yang disebabkan oleh reaksi reduksi terhadap kation ion  $H^+$  dan ion logam. Sedangkan pada elektroda alumunium (anoda) gelembung yang terbentuk adalah gas oksigen ( $O_2$ ). Gas terbentuk dikarenakan ion  $OH^-$  mengalami oksidasi. Semakin tinggi voltase, gelembung yang dihasilkan semakin banyak dikarenakan reaksi-reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda menjadi semakin cepat dan menyebabkan gelembung yang terbentuk semakin banyak.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa dari variasi tegangan listrik 1, 5 dan 10 volt yang paling baik digunakan untuk proses elektrokoagulasi selanjutnya adalah sebesar 10 volt.

## **2. Uji Kadar Alumunium dalam Air dari Elektroda**

Pada penelitian ini digunakan elektroda berupa alumunium dan grafit. Pemilihan elektroda tersebut dikarenakan alumunium sebagai anoda merupakan suatu logam yang mempunyai sifat koagulan yang baik. Sesuai dengan tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efisiensi metode untuk menurunkan kadar polutan yang terdapat pada air kolam renang.

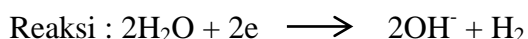
Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan menghasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya. Sedangkan pada anoda akan dihasilkan gas oksigen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk. Pada proses elektrokoagulasi menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas, maka flok-flok yang terbentuk akan terangkat keatas dan sebagian akan mengendap di bawah.

Dari penelitian ini diperoleh data pada Tabel 5 yang menunjukkan bahwa kadar alumunium dalam air, pada variasi waktu elektrokoagulasi 0 dan 1 jam tidak terdeteksi. Pada variasi waktu 2, 3 dan 4 jam kadar alumunium mulai naik secara berturut-turut yaitu 0,147; 7,724 dan 14,219 ppm. Pada variasi waktu 6 dan 24 jam kadar alumunium kembali turun yaitu 8,723 ppm dan 0,647 ppm.

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa kadar alumunium dalam air yang berasal dari elektroda, terbentuk dari proses elektrokoagulasi. Pada variasi waktu 1, 2, 3 dan 4 jam kadar alumunium naik, yang artinya alumunium terlarut yang berasal dari elektroda semakin banyak. Tetapi pada variasi waktu 6 jam dan 24 jam kadar alumunium turun. Hal tersebut disebabkan oleh  $\text{Al}^{3+}$  mengendap pada elektroda (anoda dan katoda) atau mengendap menjadi  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , karena dalam larutan terdapat  $\text{OH}^-$  yang belum teroksidasi di anoda.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang terbentuk bisa mengendap, berdasarkan perhitungan yaitu jumlah  $\text{Al}^{3+}$  minimum sebesar 0,008076 g/L melewati (lebih besar) dari nilai  $K_{sp} \text{Al}(\text{OH})_3$  sebesar  $6,4876 \times 10^{-8}$  g/L.

### 3. Uji pH

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode elektrokoagulasi membuat nilai pH air kolam renang yang awalnya sebesar 3 (bersifat asam) menjadi ke arah netral pada waktu 24 jam yaitu sebesar 6,8. Hal ini dikarenakan reaksi yang terjadi pada katoda :



Reaksi sel merupakan hasil reaksi dari proses anodik dan katodik yang terjadi secara serentak, laju mol ekuivalen yang sama pada masing-masing

elektroda. Hasil reaksi sel yang terjadi sangat bervariasi. Dapat berupa bahan-bahan yang terlarut dan ion-ion terlarut seperti  $\text{Al}^{+3}$  dan  $\text{OH}^-$  atau berupa bahan padatan yang tidak dapat larut seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , dan pembentukan  $\text{H}_2$ . Berlangsungnya proses reaksi elektrodik mengakibatkan terjadinya perubahan komposisi elektrolit terutama kenaikan nilai pH karena adanya pelepasan  $\text{OH}^-$  dan gas  $\text{H}_2$  pada reaksi katodik (Farida Hanum dkk, 2015: 14-15).

#### 4. Uji TDS

Besarnya penurunan TDS dapat diketahui dengan menentukan selisih antara TDS sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi. Kemudian dapat ditentukan efisiensi (persentase penurunan TDS) dengan persamaan berikut :

$$\text{Efisiensi elektrokoagulasi} = \frac{C1 - C2}{C1} \times 100\%$$

Keterangan :

C1 = TDS sebelum dielektrokoagulasi ppm (mg/L).

C2 = TDS setelah dielektrokoagulasi ppm (mg/L).

TDS adalah benda padat terlarut seperti mineral, garam, logam, serta kation-anion lain yang terlarut di dalam air. Hasil penelitian ini menunjukkan terjadinya penurunan kadar TDS dan rata-rata efisiensi elektrokoagulasi terhadap penurunan kadar TDS sebesar 13,0035 %. Kadar TDS turun dikarenakan polutan-polutan yang ada di dalam air kolam renang ikut mengendap bersama flok dan elektroda (anoda dan katoda).



## **5. Hubungan antara Uji Penurunan Alumunium dari Elektroda, pH dan TDS**

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, selain parameter kadar alumunium dari elektroda juga didapat kadar pH dan TDS. Untuk nilai pH dapat dilihat dari tabel 6 pada sampel air kolam renang setelah dilakukan proses elektrokoagulasi hingga variasi waktu 24 jam didapatkan nilai pH mengarah ke sifat netral. Kemudian untuk TDS dapat dilihat dari tabel 7 pada sampel air kolam renang turun secara berturut-turut hingga variasi waktu 24 jam didapatkan kadar sebesar 230 ppm.

Selain penambahan zat kimia, dengan menggunakan metode elektrokoagulasi ini bisa membuat pH air kolam renang yang awalnya bersifat asam ( $\text{pH} = 3$ ) menjadi ke arah netral ( $\text{pH} = 6,8$ ). Nilai pH yang didapatkan masuk ke dalam syarat baku mutu air kolam renang yang diperbolehkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor: 416/MEN.KES/PER/IX/1990 yaitu antara 6,5 – 8,5. Kemudian dilihat dari grafik kadar alumunium terlarut, menandakan bahwa polutan yang tertangkap dan ikut mengendap bersama flok semakin lama semakin banyak sehingga di akhir proses elektrokoagulasi kadar polutan semakin berkurang. Hal tersebut dapat dilihat dari kadar TDS yang awalnya sebesar 312 ppm menjadi 230 ppm. Maka polutan-polutan yang kemungkinan ada pada air kolam renang ikut mengendap bersama flok tersebut. Selain itu, juga bisa disebabkan polutan tersebut berubah menjadi gas atau mengendap di anoda dan katoda.

Berdasarkan data tersebut dapat dihubungkan antara satu dengan lainnya dilihat dari terjadinya kenaikan nilai pH mengarah ke netral ( $\text{pH} = 6,8$ ) pada

variasi waktu 24 jam dan penurunan TDS. Menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk mengurangi kadar polutan yang terdapat dalam air kolam renang.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi optimum pada penelitian metode elektrokoagulasi ini adalah pada tegangan listrik sebesar 10 volt dan waktu selama 24 jam.
2. Dapat dilihat dari hasil penelitian bahwa penggunaan metode elektrokoagulasi sebagai metode pengolahan air tidak efektif, karena kandungan logam  $Al^{3+}$  dalam air kolam renang semakin bertambah dan melebihi syarat baku mutu air. Namun nilai pH air semakin mengarah ke netral dan TDS semakin turun.

#### **B. Saran**

Beberapa saran yang dapat diajukan antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan perbedaan tegangan listrik, ukuran dan jarak elektroda.
2. Sebaiknya lebih diperbanyak uji parameter yang dilakukan.
3. Perlu dilakukan pengembangan metode ini dengan skala yang lumayan lebih besar lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardhani, A.F dan Dwi Ismawati. (2007). Penanganan Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan dengan Metode Elektrokoagulasi. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Arif Artadi, Sudaryo, Aryadi. (2007). Penggunaan Grafit Batu Baterai Sebagai Alternatif Elektroda Spektrografi Emisi. *Jurnal Forum Nuklir BATAN*. Vol.1 No. 2. Hlm. 105-120.
- Bambang Hari P dan Mining Harsanti. (2010). Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi dengan Sel Al-Al. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Bandung: Jurusan Teknik Kimia Universitas Jenderal Achmad Yani.
- Bambang Iswanto, Mawar DS Silalahi dan Utari Ayuningtyas. (2009). Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 5. No 1. Hlm. 27-32.
- Basset, J. (1994). *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. EGC: Jakarta.
- Day, R.A. (1986). *Analisa Kimia Kuantitatif*. Erlangga: Jakarta
- Departemen Kesehatan RI. (1999). *Profil Kesehatan Indonesia*. Jakarta: Ditjen PPM dan PLP.
- Dian Wahyu Cita dan Adriyani, Retno. (2009). Kualitas Air dan Keluhan Kesehatan Pengguna Kolam Renang di Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 7 No.1 Hlm. 26-31.
- Effendi. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Elfridawati Siringo-ringo, Ali Kusrijadi dan Yayan Sunarya. (2013). Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Pada Pengolahan Limbah Industri Penyamakan Kulit menggunakan Aluminium sebagai *Sacrificial Electrode*. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 4. No 2. Hlm. 96-107.
- Farida Hanum, dkk. (2015). Aplikasi Elektrokoagulasi dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 4. No 4. Hlm. 13-17.
- Holt P. (2002). Electrocoagulation : Unravelling and Synthesising the Mechanisms Behind a Water Treatment Process. *Tesis*. University of Sidney.

Holt, P.K., G.W Barton., and C.A Mitchell. (2006). *Electrocoagulation as A Wastewater Treatment*. Department of Chemical Engineering, The University of Sydney. New South Wales.

<http://romdhoni.staff.gunadarma.ac.id>. Diakses pada Jumat, 15 Juli 2016 pukul 11.00 WIB.

<http://poolnjacuzzi.com/konsultasi/sirkulasi-kolam-renang-yang-benar.html>. Diakses pada Minggu, 17 Juli 2016 pukul 19.15 WIB.

Khopkar, S.M.. (2008). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.

Nafi'ul Matiin, Agus Muhammad Hatta dan Sekartedjo. (2012). Pengaruh Variasi Bending Sensor pH Berbasis Serat Optik Plastik Menggunakan Lapisan Silica Sol Gel Terhadap Sensitivitas. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol 1. No 1. Hlm. 1-6.

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990

Peter, H. Geoffrey, B and Mitchell, C. (2006). *Electrocoagulation As a Wastewater Treatment*, Departement of Chemical Engeneering. The University Of Sydney. New South Wales.

Purwaningsih I. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta dengan Metode Elektrokoagulasi ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan Warna. *Tugas Akhir*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Rao, C.S. 1992. *Environmental Pollution Control Engineering*. New Delhi : Wiley Eastern Limited.

Retno Susetyaningsih, Endro Kismolo dan Prayitno. (2008). Kajian Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Seminar Nasional IV*. Hlm. 339-344.

Ristina, maria. (2006). *Petunjuk Praktikum Instrumen Kimia*. STTN – Batan: Yogyakarta.

Sismadiyanto dan Ermawan Susanto. (2009). Pelatihan Dasar-Dasar Keamanan Air Bagi Pengawas Kolam Renang (Lifeguard) Se-DIY. *Jurnal Inovasi dan Aplikasi Teknologi*. Vol 13. No. 2. Hlm. 1-16

Situmorang, M. 2007. *Kimia Lingkungan*. Medan : FMIPA-UNIMED

Slamet, J. S. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Bandung : Gadjah Mada UniversityPress.

- Sugili Putra, Suryo Rantjono dan Trisnadi Arifiansyah (2009). Optimasi Tawas dan Kapur Untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-131. *Jurnal Seminar Nasional V*. Hlm. 699-704.
- Surdia, T. dan Chijiwa K. (1991). *Teknik Pengecoran Logam, PT Pradnya Paramita*. Jakarta.
- Sutanto, Danang Widjajanto, dan Hidjan. (2011). Penurunan Kadar Logam Berat dan Kekeruhan Air Limbah Menggunakan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*. Vol. 2 No.1 Hlm. 1-6.
- Suyanta, dkk. (2014). *Differential Adsorptive Stripping Voltametric Determination of Ultra Trace Lanthanum(III) based on Carbon Paste Electrode Modified with 3-Methyl-2-hydrazinobenzothiazole*. *Jurnal Electrochem*. Vol 9. Hlm. 7763-7772.
- Todd, D. K. 1970. *The water encyclopedia*. Water Information Center, Port Washington. New York.
- Woytowich D.L.; Dalrymple C. W.; Britton M. G.; (1993). Electrocoagulation (CURE) Treatment of Ship Bilgewater for the U. S. Cost Guard in Alaska. *Marine Technology Society Journal*.

# LAMPIRAN

**Lampiran 1**  
**Perhitungan Efisiensi Elektrokoagulasi terhadap Penurunan TDS pada**  
**Sampel Air Kolam Renang dalam Satuan %**

1. 1 jam

- Konsentrasi awal = 312
- Konsentrasi akhir = 298
- Penurunan konsentrasi = 312 - 298  
= 14
- Efisiensi elektrokoagulasi =  $\frac{14}{312} \times 100\%$   
= 4,4872 %

2. 2 jam

- Konsentrasi awal = 312
- Konsentrasi akhir = 276
- Penurunan konsentrasi = 312 - 276  
= 36
- Efisiensi elektrokoagulasi =  $\frac{36}{312} \times 100\%$   
= 11,5385 %

3. 3 jam

- Konsentrasi awal = 312
- Konsentrasi akhir = 281
- Penurunan konsentrasi = 312 - 281  
= 31
- Efisiensi elektrokoagulasi =  $\frac{31}{312} \times 100\% = 9,9359 \%$



4. 4 jam

- Konsentrasi awal = 312
- Konsentrasi akhir = 277
- Penurunan konsentrasi = 312 - 277  
= 35
- Efisiensi elektrokoagulasi =  $\frac{35}{312} \times 100\%$   
= 11,2178 %

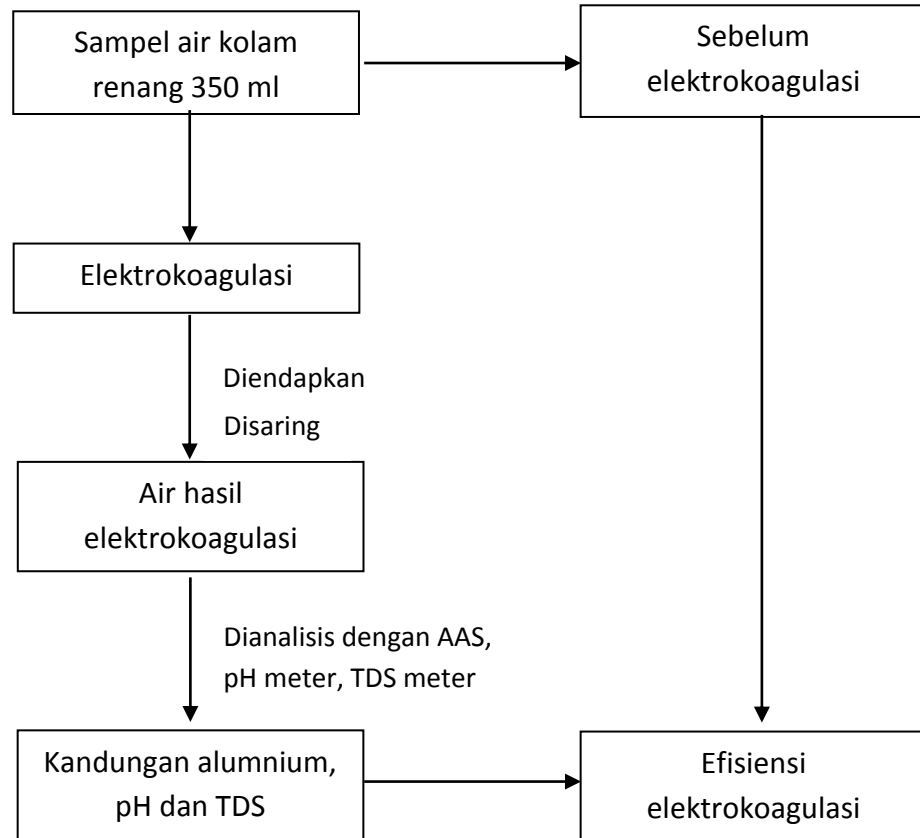
5. 6 jam

- Konsentrasi awal = 312
- Konsentrasi akhir = 269
- Penurunan konsentrasi = 312 - 269  
= 43
- Efisiensi elektrokoagulasi =  $\frac{43}{312} \times 100\%$   
= 13,7820 %

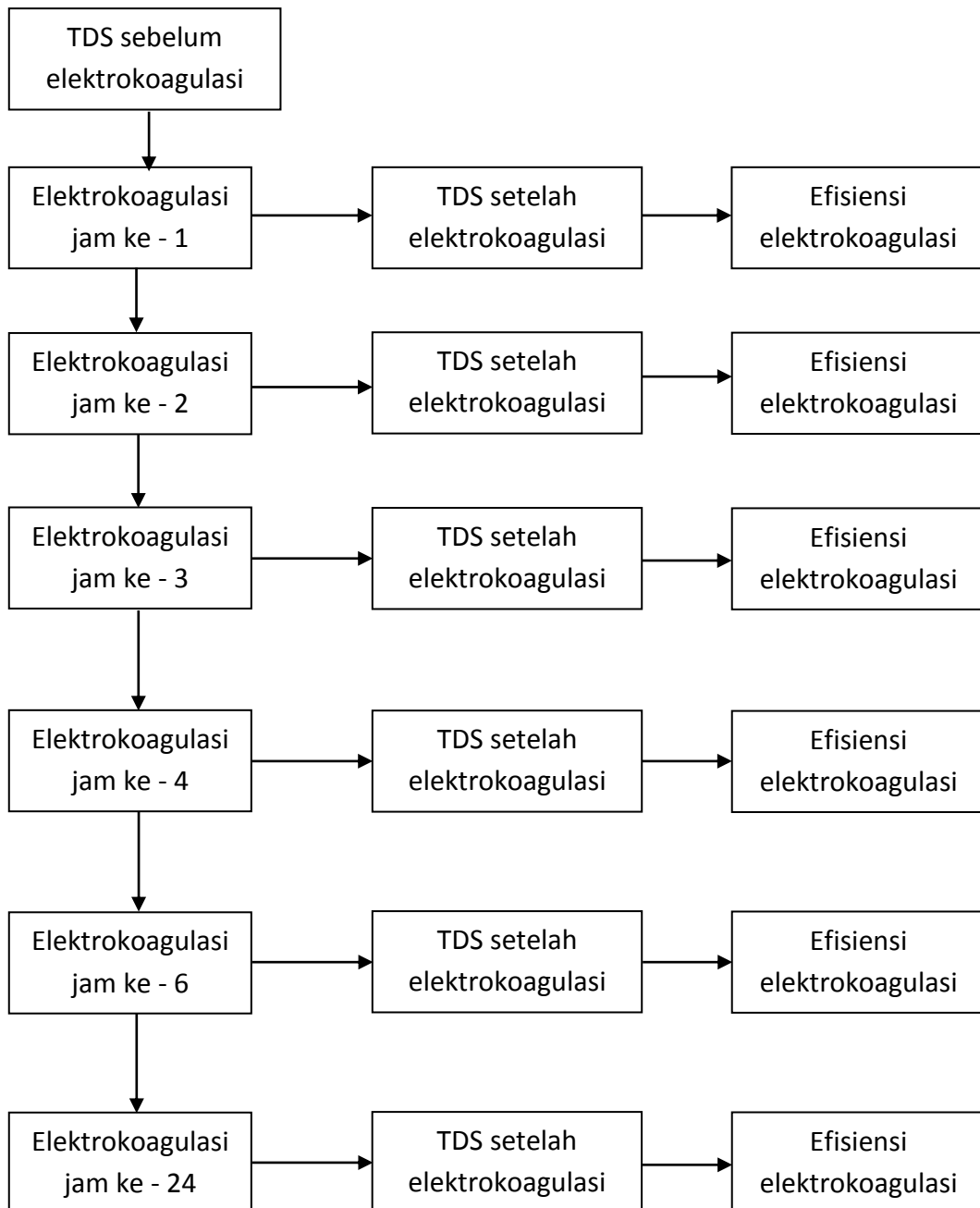
6. 24 jam

- Konsentrasi awal = 312
- Konsentrasi akhir = 230
- Penurunan konsentrasi = 312 - 230  
= 82
- Efisiensi elektrokoagulasi =  $\frac{82}{312} \times 100\%$   
= 26,2820 %

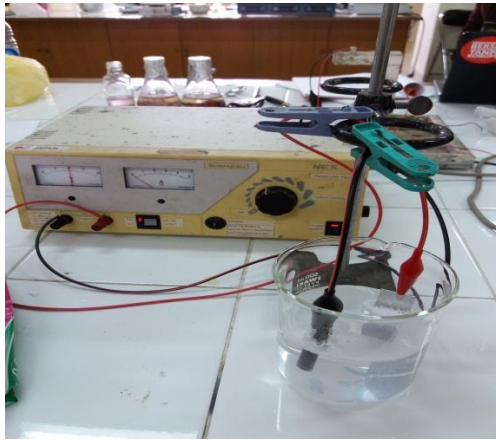
**Lampiran 2**  
**Diagram Alir Prosedur Penelitian**



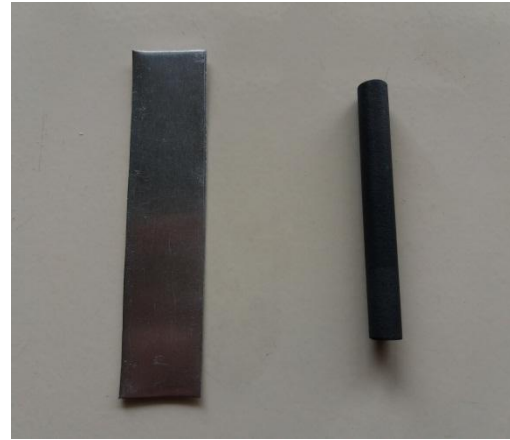
**Lampiran 3**  
**Penentuan Efisiensi Elektrokoagulasi terhadap Penurunan TDS**



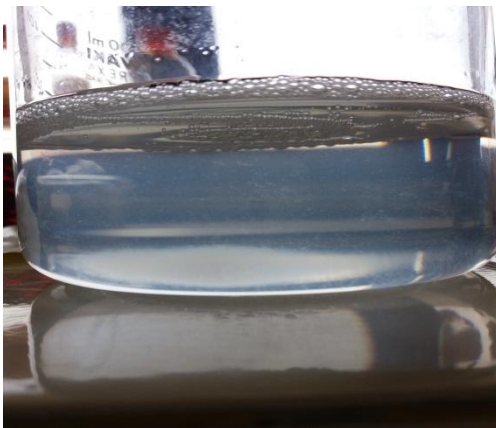
#### Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian



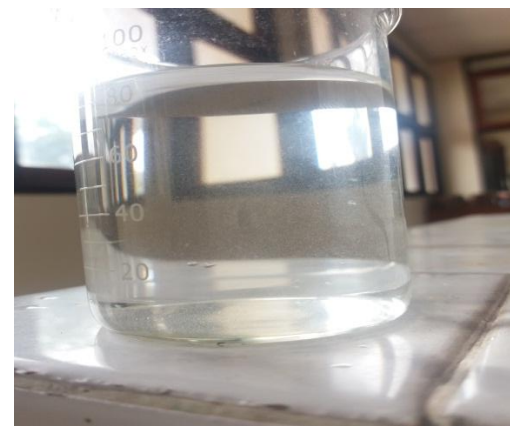
Rangkaian Alat Elektrokoagulasi Air  
Kolam Renang



Elektroda Alumunium (Anoda) dan  
Grafit (Katoda)



Optimasi Tegangan 1 Volt



Optimasi Tegangan 5 Volt



Optimasi Tegangan 10 Volt



Hasil Elektrokoagulasi

## Lampiran 5

### Hasil AAS Air Kolam Renang



**LABORATORIUM KIMIA ANALITIK**  
JURUSAN KIMIA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS GADJAH MADA

### **HASIL ANALISIS**

No. : 6100/HA-KA/04/16  
Pengirim : **RISANTO NUGROHO**  
Alamat : Kedatan Pleret Bantul Yogyakarta  
Jenis Sampel : Cair (Larutan)  
Jumlah : 8 sampel  
Penentuan : Kadar Logam Al  
Tgl. Analisis : 20 April 2016

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Awal	Al	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	Atomic Absorption Spect.
2.	1 jam	Al	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	"
3.	2 jam	Al	0,064	0,314	0,064	"
4.	3 jam	Al	7,807	7,807	7,558	"
5.	4 jam	Al	14,552	14,302	13,802	"
6.	6 jam	Al	9,056	8,557	8,557	"
7.	8 jam	Al	38,031	38,780	38,281	"
8.	24 jam	Al	0,564	0,814	0,564	"